

0 782221

На правах рукописи



**КОЖЕВНИКОВА НАДЕЖДА КОНСТАНТИНОВНА**

**ДИНАМИКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ  
ГОРНЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ В ПРОЦЕССЕ  
ПОСЛЕРУБОЧНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СУКЦЕССИЙ**

Специальность 03.00.16 – экология

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

Владивосток - 2010

Работа выполнена в лаборатории лесоведения Биолого-почвенного института  
ДВО РАН

Научный руководитель: доктор биологических наук,  
Онучин Александр Александрович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, доцент  
Осипов Сергей Владимирович

доктор географических наук,  
профессор  
Березников Ким Петрович

Ведущая организация: Дальневосточный научно-  
исследовательский институт лесного  
хозяйства, г. Хабаровск

Защита состоится " 24 " апреля 2010г в 10:00 часов на заседании  
диссертационного совета Д 212.056.02 при Дальневосточном государственном  
университете МОН РФ по адресу: 690091, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27,  
ауд. 435.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690091, г. Владивосток,  
ул. Октябрьская, 27, комн. 417, кафедра общей экологии.  
Факс: (4232) 45-94-09 E-mail: [marineecology@rambler.ru](mailto:marineecology@rambler.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Дальневосточного  
государственного университета МОН РФ

Автореферат разослан 24 марта 2010 г

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000604147

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

Ю.А. Галышева

### Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** Проблемы влияния леса на водно-балансовые характеристики лесных территорий приобретают особую актуальность в связи с происходящей отрицательной динамикой лесного покрова, преобразованием лесных ландшафтов, что негативно сказывается на влагообороте речных бассейнов разного уровня.

Леса Приморского края, выполняя важные средообразующие и средорегулирующие функции, являются природным ресурсом, с которым связаны перспективы экономического и социального развития Дальневосточного региона. Бессистемные вырубки леса вызывают нежелательные изменения руслового стока, нарушают водный баланс территорий, приводят к усилению эрозионных процессов и снижению качества воды. В горных лесных экосистемах, к которым относится основная часть лесов Дальнего Востока, отрицательное влияние нарушений почвенно-растительного покрова в результате антропогенной деятельности проявляется в наиболее резкой степени. Водные ресурсы становятся источником опасных стихийных явлений.

В условиях, когда нарастающие антропогенные нагрузки на водосборах происходят при реально существующей тенденции потепления последних десятилетий, возрастает роль гидрометеорологического информационного обеспечения. Редкая сеть станций гидрометеорологических наблюдений, пространственная дифференциация погодно-климатических условий в горных районах усложняют изучение и прогнозирование речного стока при помощи классических методов. Информационный дефицит можно восполнить использованием индикационных методов и поиском новых эмпирических связей между стоком реки и факторами его обуславливающими. Многолетние исследования, в том числе на Верхнеуссурийском комплексном биогеоценотическом стационаре Биолого-почвенного института ДВО РАН, создают основу для перехода к созданию расчетных схем и математических моделей, связывающих компоненты водного баланса с характеристиками лесного покрова.

Объекты наших исследований расположены в районе распространения типичных для бассейна верховьев р.Уссури формаций пихтово-еловых, широколиственно-кедровых и переходных кедрово-еловых лесов. Длительный мониторинг основных компонентов водного и теплового баланса, лесотаксационных характеристик в малых горных бассейнах, позволяет выявить тесную связь особенностей строения и состава лесов на различных элементах ландшафта с динамикой условий окружающей среды и использовать таксационные и биометрические характеристики лесных сообществ в качестве индикаторов влагооборота. Применение при оценке экологической роли лесных экосистем размеров лесной надземной фитомассы, дает возможность получать сопоставимые показатели и переносить результаты экспериментальных исследований на элементарных водосборах на большие территории. Универсальность метода заключается в том, что расчет фитомассы лесов

производится по основным типам леса как относительно общей площади бассейна, так и отдельных его частей. Используемые методы позволяют произвести расчет размеров структурных компонентов надземной фитомассы (крон, хвойно-листового аппарата) для экотопов разной размерности.

Основная цель данного исследования - выявить механизмы влияния структуры лесов и лесистости малых водосборных бассейнов на трансформацию атмосферных осадков и закономерности формирования речного стока в период послерубочных восстановительных сукцессий с учетом фоновых погодно-климатических условий.

В связи с основной целью исследований, было намечено решение следующих задач:

- Выявить связь таксационных и биометрических параметров лесного полога коренных и производных лесов со структурой водного баланса;
- оценить зависимости задержания осадков лесным пологом и суммарных потерь руслового стока в процессе послерубочных восстановительных сукцессий;
- выявить зависимость формирования руслового стока в весенний и летне-осенний периоды от динамики лесного покрова и климатических параметров.

**Защищаемые положения:**

- С увеличением абсолютной высоты местообитаний на каждые 100 м возрастает поступление жидких осадков под полог сомкнутых коренных лесов на 20-30 мм;
- при лесовосстановлении в послерубочных молодняках на каждые 10 тонн увеличения надземной фитомассы древостоев проникновение жидких атмосферных осадков под их полог снижается на 1-3мм ;
- качественные и количественные изменения гидрологического режима малых речных бассейнов тесно связаны с особенностями формирования структуры надземной фитомассы в процессе лесовосстановления;
- в период послерубочных восстановительных сукцессий на антропогенно-трансформированных водосборах снижение меженного стока и средней водности водотоков связано с увеличением транспирационного расхода влаги.

**Научная новизна.** В поясе типичных для горной системы Сихотэ-Алиня хвойно-широколиственных лесов выявлены зависимости, характеризующие связь компонентов водного баланса с таксационными и биометрическими показателями лесного полога в коренных лесах и на их вырубках при восстановительных сукцессиях, а именно:

- определена количественная оценка перехваченных пологом леса осадков в зависимости от структуры надземной фитомассы древостоев и высоты местообитания;
- дана качественная и количественная оценка роли хвойно-листовой массы при процессах промежуточного перехвата осадков в хвойно-широколиственных лесах;

КАЗАНСКОГО ГОС. УНИВЕРСИТЕТА  
им. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО



- выявлена зависимость весеннего и суммарного за теплый период стока от характеристик сезонного промерзания почвы;
- построены модели формирования руслового стока в теплый период года с использованием показателей хвойно-лиственной массы лесных фитоценозов и погодно-климатических параметров;
- вычисленные коэффициенты при предикторах размеров надземной фитомассы и ее компонентов позволили оценить особенности динамики восстановления водоохраных и водорегулирующих функций леса в процессе послерубочных восстановительных сукцессий

#### **Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Результаты исследований дают качественную и количественную оценку экологической роли хвойных и лиственных лесов в формировании приходной и расходной частей водного баланса горного речного бассейна. Регрессионные модели характеристик руслового стока могут быть использованы для количественной оценки последствий антропогенного вмешательства, в расчетах водопродуктивности малых бассейнов с типичными лесорастительными и почвенно-геологическими условиями и при создании региональной модели формирования стока.

**Публикации и апробация работы.** По теме диссертации опубликовано 13 работ. Итоги работы изложены в шести статьях, из них 4 - в рецензируемых научных журналах. Основные результаты работы были доложены и обсуждены на 3-х международных : "Korean Pine-Broadleaved Forests of the Far East". Oregon, USA, 2000; "Биомониторинг наземных и пресноводных систем Восточной Азии в зонах международного экономического сотрудничества в районах интенсивного освоения природных ресурсов", Владивосток, 2008; Proceedings International Symposium on Restoration of Forest Ecosystem Functions on Different Forest Zones, Seoul, Korea, 2009 и 5 всероссийских конференциях: "Классификация и динамика лесов Дальнего Востока". Владивосток, 2001; "Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона". Уссурийск, 2001 г.; "Структурно-функциональная организация и динамика лесов". Красноярск, 2004; "Природная и антропогенная динамика наземных экосистем" Иркутск, 2005; "Леса российского Дальнего Востока: 150 лет изучения". Владивосток. 2009, а так же на международном экологическом форуме "Природа без границ", Владивосток, 2008.

**Личный вклад автора:** Основная часть экспериментальных данных собрана и обработана при непосредственном участии автора в процессе выполнения плановых программ научно-исследовательских работ лаборатории лесоведения Биолого-почвенного института ДВО РАН, а так же хозяйственных работ и проектов по грантам. Весь экспериментальный материал автором был занесен в электронную базу данных, при помощи которой разрабатывались представленные модели.

**Структура и объем диссертации:** Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы. Диссертация изложена на 162 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 60 рисунками, содержит 21 таблицу.

Список литературы включает 183 библиографических источника, в том числе 7 на иностранном языке.

**Благодарности.** Автор признателен за предоставленные материалы и консультации на начальном этапе подготовки диссертации к. с-х. наук А.С.Жильцову, за консультации и советы при оформлении работы профессору Ю.И. Манько. Автор выражает благодарность за помощь и ценные замечания научному руководителю д. б. н. А.А. Онучину, за консультации и помощь в обработке материалов, к. с-х. н. Л.А. Сибириной, Т.М. Ильиной, Е.В. Шатковской.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы и основные задачи, показаны научная новизна, теоретическое и практическое значение работы.

### **Глава 1. Экологическая роль леса**

В главе рассматривается значение леса, как важнейшего компонента географической среды в преобразовании элементов водного баланса. Отмечается, что экологическая роль лесов Приморского края определяется их уникальностью и географическим расположением региона. Изложен опыт комплексных биогеоценотических исследований и работы с использованием массовых сетевых наблюдений станций гидрометеослужбы в лесах Европейской части России, в Сибири и на Дальнем Востоке. Представлен анализ взглядов и концепций относительно гидрологической роли лесов различного состава и возраста. Делается вывод, что экологическая значимость бассейна должна определяться исходя из особенностей водосбора и выделения в нем основных экологических функций леса. Присущие бассейнам малых рек природно-климатические особенности, определенное распределение лесного покрова позволяют оценить водопродуктивность водотоков и их вклад в водоносность больших рек.

### **Глава 2. Особенности влагооборота бассейна верхнего течения реки Уссури**

Основной ареной преобразования воднобалансовых элементов являются малые бассейны, речные системы которых формируются в однородных климатических и геологических условиях. Размеры малых бассейнов в каждом регионе характеризуются конкретным сочетанием климатических и геологических процессов. Для Приморья нижняя граница размера малого бассейна определена 0,8-1,8 км<sup>2</sup> при суточном осреднении расходов.

#### **2.1. Рельеф, почвы, растительность - как факторы формирования основных элементов водного баланса**

Район исследования расположен на западном склоне системы хребтов Южного Сихотэ-Алиня. Рельеф территории горный и представлен низко- и

среднегорными массивами со средней крутизной склонов около 20° и максимальной до 30°- 40°. Приводораздельную часть горных систем образуют среднегорья с высотами до 1200-1400 м над уровнем моря. Максимальные высоты для Южного Сихотэ-Алиня – г.Облачная(1856 м.), г. Снежная(1648м.), со склонов которых берет свое начало р.Уссури. Средняя высота водоразделов в бассейне р. Правая Соколовка, весь бассейн которой занимает Верхнеуссурийский стационар Биолого-почвенного института ДВО РАН - 500–700 м над ур. м. (высшая точка – 1160 м над ур. м.).

По геоботаническому районированию Б.П. Колесникова исследуемая территория относится к Дальневосточной материковой, умеренно-холодной и достаточно влажной провинции кедрово-широколиственных лесов и горно-равнинному Верхне-Уссурийскому округу. Характерной особенностью растительности этой провинции является господство смешанных кедрово-широколиственных лесов, которые к северу и в горах сменяются кедрово-еловыми и пихтово-еловыми. В верхней части бассейна реки Уссури широтная зональность растительного покрова осложняется высотной поясностью, что обосновано горным характером бассейна. Под этими лесами широко представлены зональные почвы - горные лесные бурые типичные, оподзоленные и оподзоленно-глеевые. Почвы обладают высокой порозностью и хорошими фильтрационными свойствами.

## **2.2. Климатические факторы формирования основных элементов влагооборота**

Закрытость бассейна горными хребтами определяет континентальность климата. Зима здесь слишком холодная для таких широт, особенно на участках, открытых для свободного доступа холодного континентального воздуха. Отрицательные температуры устанавливаются в третьей декаде октября и удерживаются до конца марта - начала апреля. В это же время устанавливается и устойчивый снежный покров. Окончательно снег сходит в мае - июне. Лето теплое. Годовая сумма осадков составляет 700-1000 мм, только 10-20% приходится на зимний период (ноябрь-март). Условия муссонной циркуляции, циклоническая деятельность и характер рельефа способствуют выпадению основного количества осадков в теплый летне-осенний период.

## **2.3. Гидрографическая сеть и основные черты водного режима рек верховья Уссури**

Формирование влагооборота верховья р. Уссури происходит в горно-таежной, сильно пересеченной местности. В ее бассейне насчитывается 5546 рек, 97% из которых представляют собой малые водотоки длиной менее 10 км. Главное звено влагооборота - речной сток, формируется в высокополотных хвойно-широколиственных лесах. Показатели речного стока исследуемого участка реки коррелируют с увлажненностью, средней температурой воздуха, средней высотой и лесистостью бассейнов. Особенностью речных вод территории является высокая динамичность их режима - изменчивость по сезонам года и по

годам. При общей высокой водоносности рек верхней части бассейна Уссури, как и всего Приморского края, характеризуются выраженной неравномерностью стока. Неравномерность связана с преобладающим дождевым питанием в периоды выхода на Приморье тайфунов и неустойчивостью муссонных осадков. Максимумы у рек наблюдаются в весенний и летне-осенний периоды, минимум - зимой. На неравномерность водного режима влияет также горный рельеф, залегающие близко к поверхности водонепроницаемые породы, наличие глубокой сезонной мерзлоты. Слабая пропускная способность русел рек в среднем и нижнем течении, при усилении циклонической деятельности, приводит к частому разливу рек и катастрофическим наводнениям. Пологом сохранившихся коренных лесов регулируются процессы таяния снега и промерзших почвогрунтов, что способствует более равномерному поступлению влаги в русло реки. Высокая влагоемкость лесной подстилки, фильтрационная способность горных лесных почв создают условия для сохранения и перераспределения стока. Эти показатели являются критериями высокого водно-ресурсного потенциала рек бассейна верховья Уссури.

### Глава 3. Объекты и методы исследования

Экспериментальные работы и режимные наблюдения за элементами микроклимата и отдельными составляющими водного баланса были осуществлены, начиная с 1966 года, на Верхнеуссурийском лесном стационаре Биолого-почвенного института ДВО РАН. Стационар расположен в бассейне реки Правая Соколовка. Горная его часть, в которой проведены основные исследования, располагается в водотоке второго порядка (ключ Еловый) - левом притоке р. Правая Соколовка. Экспериментальный бассейн состоит из водотоков первого порядка с различной площадью коренных лесов, сохраненных на водосборах после вырубki. (табл.3.1).

Таблица 3.1.

#### Обобщенная характеристика водосборных бассейнов

Бассейн	Высота, м	Площадь, км <sup>2</sup>	Лесистость, %	Состав древостоев
1	850	0,15	100	Коренные леса: 4 Еа 4П62 Бж + К
2	750	0,25	78	Вырубка: 4Бж2Еа2П61К1Лп+Кл, Ив, Т, ед. Чм
3	700	0,42	38	Вырубка: 4Бж3Т1Лп1Ос1Лп+К, Еа, П6; ед. Чм, Кл
4	800	0,24	100	Коренные леса: 3К3Еа1П62Бж1Лп

Анализируемый период разбит на этапы, связанные с особенностями лесовосстановления на вырубках:

**Первый этап** - первые 3-4 года после вырубки, когда формируются травяной покров и сомкнутые многопородные фитоценозы с господством лиственных пород.

**Второй этап** - через 5-10 лет после вырубки. Характеризуется восстановлением состава коренных хвойных пород под пологом лиственных.

**Третий этап** - через 18-30 лет после вырубки. В этот период создается новое господствующее поколение основных коренных хвойных пород, вырастающих в лиственный полог и постепенно замещающих его.

При проведении лесогидрологических исследований использовались общепринятые методики. Участки исследований представлены парными объектами: коренной лес - вырубка; коренной лес - восстанавливающийся фитоценоз. Обработка данных произведена при использовании методик [Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, 1952; Руководство воднобалансовым станциям, 1973]. Все исходные материалы обрабатывались в соответствии с [Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик, 1986; Горошков, 1979] и методами корреляционного и множественного регрессионного анализа. Для анализа привлекались справочные материалы из архива лаборатории лесоведения и Гидрометслужбы РФ, из обобщенной работы А.С. Жильцова [2008]. Все материалы (около 1500000 знаков) занесены в электронную базу данных. В работе использовались данные по 17 пробным площадям, расположенным в экспериментальном бассейне и по 4 водомерным постам.

#### **Глава 4. Изменения условий среды и защитных функций леса в процессе послерубочных восстановительных сукцессий**

##### **4.1. Динамика лесного покрова**

Восстановление растительности на сплошных вырубках в различных типах местообитаний экспериментального бассейна происходило в основном за счет сохранившегося предварительного подроста хвойных пород, который постепенно адаптировался к новым условиям, а также за счет вновь появившихся всходов лиственных и хвойных пород. Повсеместно разросшиеся сразу после рубки травянистая растительность и подлесок, очень быстро утратили преобладание после формирования древесного полога. В бассейнах наблюдается довольно быстрое и устойчивое восстановление сомкнутого лесного полога.

Через 15 лет на вырубках происходит постепенное отмирание кустарникового и травянистого яруса, увеличение средней высоты и диаметра древесных растений, увеличивается доля основных лесообразователей коренных широколиственно-кедровых и кедрово-еловых лесов на водосборе, возрастает запас древесины. Через 30 лет создается новое господствующее поколение основных коренных хвойных пород, вырастающих в лиственный полог и постепенно его замещающих.

##### **4.2. Динамика температурного режима воздуха**

Многолетний мониторинг температуры воздуха в бассейне руч. Еловый показал, что заметное изменение температурного режима на рассматриваемой

площади водосбора проявилось в последние двадцать пять лет. В районе исследования отмечена тенденция повышения средней температуры воздуха в зимний и переходные периоды. По сравнению с климатической нормой, за последние 20 лет среднегодовая температура выросла на  $0,2^{\circ}\text{C}$ . (рис.4.2.1). Корреляционный анализ зависимости показателей температуры воздуха с общей фитомассой древостоев показал, что эта связь значима для всего периода наблюдений. Знак зависимости меняется в соответствии с отклонением температуры воздуха от многолетней величины.

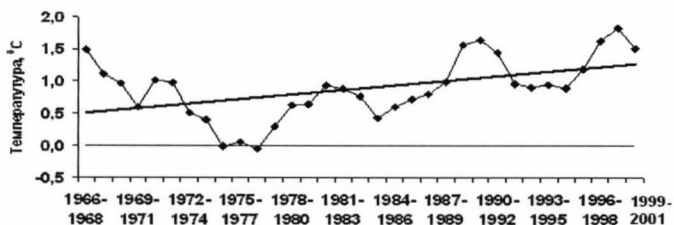


Рисунок 4.2.1. Скользящие трехлетние значения температуры воздуха в исследуемом бассейне и их линейный тренд

#### 4.3. Формирование осадков в теплый и холодный периоды года в коренных лесах и на вырубках при восстановительных сукцессиях

В разделе анализируется роль твердых и жидких осадков в воднобалансовых процессах. Дождевая влага сразу включается во влагооборот, а снеговая, оставаясь законсервированной в снежном покрове, только с установлением положительного радиационного баланса. Приведена динамика количества осадков за гидрологический год, за теплый и холодный периоды 1965-2003гг (рис.4.3.1).

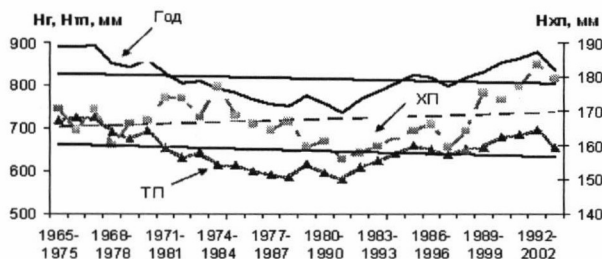


Рисунок 4.3.1. Скользящие десятилетние значения сумм осадков за год (Нг) теплого (Нтп) и холодного (Нхп) периодов и их линейные тренды

Исследуемый временной промежуток разделен по отношению к норме осадков на периоды сухие, влажные и средние по влажности. Отмечается, что за последние 20 лет возросла доля участия зимних осадков.

### 4.3.1. Влияние таксационных и биометрических характеристик лесного полога на перехват жидких атмосферных осадков

Характеризуется теплый период по степени увлажнения на этапах восстановления лесной растительности на вырубках (табл. 4.3.1.1).

Таблица 4.3.1.1.

Увлажненность бассейна руч. Еловый в вегетационный период на разных этапах лесовосстановления

Период, годы	Увлажненность периода		Количество лет с осадками в периоде		
	мм	% от нормы	> нормы	В пределах нормы	< нормы
1966-1970	680,2	103,9	2	1	2
1971-1975	755,3	115,4	2	1	2
1984-1995	625	95,5	7	2	3
<b>1966-2003</b>	<b>654,8</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>15</b>

Отмечается, что с 1981 года численность дней с осадками уменьшилось, а их количество осталось прежним. За два последних десятилетия XX века возросли осадки в количестве более 20 мм и участились случаи выпадения основного количества осадков в июне и в сентябре (рис.4.3.1).

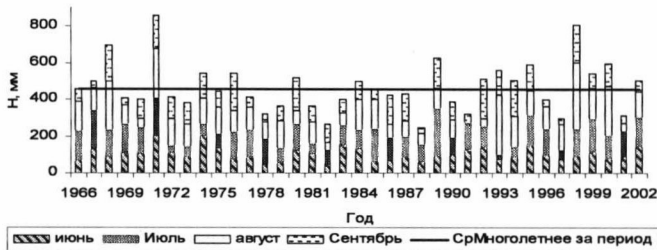


Рисунок 4.3.1.1. Осадки по месяцам летнего периода за 1966-2002 гг

Построены уравнения связи осадков на открытом месте и под пологом пихтово-еловых (4.3.1.1), кедрово-еловых (4.3.1.2) и кедрово-широколиственных (4.3.1.3) лесов и величиной сомкнутости крон. Коэффициенты корреляции  $R=0,93-0,96$ :

$$H_{\text{пе}} = 0,88 \cdot H + 32,7 \cdot A - 49,46 \quad (4.3.1.1)$$

$$H_{\text{ке}} = 0,88 \cdot H + 31,91 \cdot A - 25,8 \quad (4.3.1.2)$$

$$H_{\text{шк}} = 0,75 \cdot H + 21,85 \cdot A - 19,76 \quad (4.3.1.3),$$

где  $H$  - осадки на открытом месте;  $H_{\text{пе,ке,шк}}$  - осадки в пихтово-еловом, кедрово-еловом и широколиственно-кедровом лесах;  $A$  - полнота леса;

Широколиственно-кедровые леса, расположенные на высотах около 700 м над ур.м., задерживают наибольшее количество поступающих осадков. В верхней части исследуемого бассейна величина задержания влаги в кедрово-еловых и пихтово-еловых лесах перекрывается конденсационными осадками.

Перехват жидких осадков лесным пологом находится в прямой зависимости от их количества и интенсивности, от сомкнутости лесного полога и наличия дней, способствующих образованию конденсационных осадков. Величина задержания варьирует в пределах 18-48% - для пихтово-еловых и кедрово-еловых лесов и 23-46% - для кедрово-широколиственных (рис.4.3.1.2).

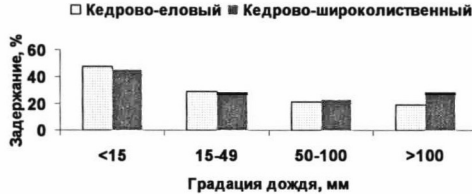


Рисунок 4.3.1.2. Зависимость задержания пологом кедрово-еловых и кедрово-широколиственных лесов от количества выпадающих жидких осадков

Для расчета перехваченных осадков пологом коренных хвойно-широколиственных лесов, расположенных на абсолютных высотах 600-900м, была построена регрессионная модель:

$$\Pi = 169,8 + 0,260 \cdot H + 33,9 \cdot A - 0,278 \cdot X \quad (4.3.1.4)$$

$$R^2 = 0,72; \sigma = 38,4 \text{ мм}; F = 38,$$

где  $\Pi$  – перехват осадков пологом леса, мм;  $X$  – абсолютная высота пробной площади, м;  $R^2$  – коэффициент детерминации;  $\sigma$  – стандартная ошибка, мм;  $F$  – коэффициент Фишера

Введение в уравнение предиктора высоты местообитания свидетельствует о прибавке осадков под пологом высокополнотных хвойно-широколиственных лесов в 28-33 мм на каждые 100 м высоты, что можно объяснить наличием здесь конденсационных осадков. При увеличении сомкнутости крон от 0,7 до 1,2, для лесных участков, расположенных на одной высоте, перехват жидких осадков увеличивается до 3 - 17 мм.

В период послерубочных восстановительных сукцессий задержание осадков зависит от величины надземной фитомассы вновь формирующихся древесных сообществ. Значение парного коэффициента корреляции величин задержания осадков и общей надземной фитомассы составляет 0,79. Количество осадков, поступающих под полог древостоев в период лесовосстановления, можно рассчитать используя достоверно значимые регрессионные модели:

$$\text{Нпл} = 1,022 \cdot H + 0,566 \cdot \text{ОФМ} - 0,502 \quad \text{при запасе до } 10 \text{ м}^3/\text{га} \quad (4.3.1.5)$$

$$\text{Нпл} = 0,846 \cdot H - 0,258 \cdot \text{ОФМ} + 6,75 \quad \text{при запасе от } 11 \text{ до } 50 \text{ м}^3/\text{га} \quad (4.3.1.6)$$

$$\text{Нпл} = 0,828 \cdot H - 0,193 \cdot \text{ОФМ} - 16,23 \quad \text{при запасе более } 50 \text{ м}^3/\text{га} \quad (4.3.1.7)$$

Величина осадков, задержанных пологом лиственных молодняков зависит от размеров надземной фитомассы и высоты расположения лесного участка:

$$\Pi = 157,9 + 0,122 \cdot H + 0,08 \cdot \text{ОФМ} - 0,229 \cdot X \quad (4.3.1.8)$$

$$R^2 = 0,72; \sigma = 38,9 \text{ мм}; F = 19,$$



где Нпл - осадки под пологом леса, мм; ОФМ – общая надземная фитомасса, т/га., остальные обозначения как в уравнении 4.3.1.4.

Зависимость показывает, что на каждые 10т прироста фитомассы древостоев, происходит увеличение перехваченных пологом молодняков осадков на 1-2 м. Эти показатели уменьшаются по мере возрастания высоты расположения лесного участка, что так же связано с конденсационными процессами. Через 30 лет после вырубki, пологом лиственных молодняков задерживается от 13-25% выпадающих осадков (рис.4.3.1.3).

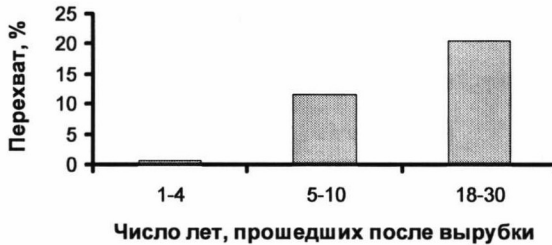


Рисунок 4.3.1.3. Величина перехвата осадков пологом возобновленного лиственного леса в различные периоды послерубочных сукцессий

#### 4.3.2. Формирование снегозапасов в хвойных и лиственных лесах

В разделе отмечаются особенности формирования снежного покрова в бассейне с учетом характера лесной растительности и расположением ее на склонах различных экспозиций. Образование максимальных снегозапасов в лиственных и хвойных древостоях происходит в разные сроки и зависит от равномерности выпадения снега в течение зимы. На склонах южных экспозиций снегоаккумулирующая роль наиболее выражена в высокополнотных хвойных лесах. На теневых склонах снега аккумулируется больше на вырубках и в лиственных фитоценозах. При экстремальных снегопадах в марте максимальные снегозапасы образуются на всех исследуемых водосборах одновременно. Запасы воды в снеге на площадях, подвергшихся вырубке, в среднем в 1,3 раза превышает объем талых вод под пологом коренных лесов. В силу высокой сомкнутости сообществ хвойных лесов, снег здесь меньше подвержен метелевому переносу и испарению. В формировании снегозапасов в лиственных древостоях участвуют только 10-60% от количества выпавших за ноябрь-февраль твердых осадков. В годы с минимальными твердыми осадками количество воды в снеге между водосборами равны, а на отдельных склонах (долина ручья, юго-восточные и южные) в коренных лесах больше, чем в лиственных молодняках. Следовательно, в коренных хвойных насаждениях снегоаккумулирующий эффект наиболее выражен.

#### **4.4. Гидрологическая роль почво-грунтов при лесовосстановлении в экспериментальном бассейне**

Водорегулирующие и водоохраные функции лесных экосистем во многом зависят от состояния почв и их водно-физических свойств. В зависимости от теплогидрофизических параметров почвы, ее водного и теплового режимов, происходит разделение приходной составляющей гидрологического цикла - осадков, на три его расходных компонента: суммарное испарение, поверхностный и подземный сток. Произведенные нами наблюдения на склонах разных экспозиций на парных пробных площадях "коренной лес - лиственный молодняк" позволили сделать вывод, что существенных изменений водно-физических свойств исследуемого водосбора после рубки при незначительных повреждениях почвы не происходит. Установлены повышенные показатели влажности почвы при наименьшей влагоемкости (НВ) в верхнем 50-см слое почвы на участках, где сформировались лиственные молодняки. Запас продуктивной влаги под лиственными молодняками в слое распространения корневых систем древостоев ниже в 1,3-2,1 раза, чем под коренными древостоями. Запас влаги при НВ и при полной влагоемкости (ПВ) для 20-см слоя поврежденной почвы на 20-30 мм больше, а в нижних почвенных слоях на 10-20 мм меньше. Нарушается гравитационный отток влаги, в результате увеличивается ее расход на испарение или возобновление поверхностного стока и смыва почвенных частиц при усилении дождя.

##### **4.4.1. Поступление влаги в русловую сеть**

В разделе рассматриваются особенности поступления атмосферной влаги в гидрологическую сеть. В районе исследований, в условиях среднегорья, очевидно, основное количество воды поступает в водотоки в виде пластово-дренажного стока, который образуется в промытом слое камней, дресвы и мелкозема. Внутрипочвенный и поверхностный сток небольшой в связи с высокой инфильтрационной способностью горных лесных почв. При проведении во время вырубki леса волоков и дорог подземная сеть естественных дрен обнажается. Контактный сток превращается в поверхностный, что вызывает в этих местах сильную эрозию почв.

##### **4.4.2. Сезонно-мерзлотная динамика и гидрологическая роль мерзлых почв**

Сезонное промерзание и оттаивание почвы в лесу, обусловленное погодноклиматическими характеристиками региона, оказывает влияние на водно-физические свойства почвогрунтов, их структуру и плотность, на гидрологический режим рек в зимний и весенний периоды.

Как показывают наши исследования, существующая в природе обратная корреляционная связь между параметрами промерзания с температурой воздуха и количеством выпавшего снега является «справедливой» для участков с различным характером растительного покрова, но степень их влияния

проявляется неоднозначно. Неоднозначность этих процессов выражается в сильном влиянии экспозиции склона на проникновение отрицательных температур вглубь почвы изучаемых участков, в составе и возрасте древесных пород изучаемой территории. Статистический анализ осредненных по бассейну данных подтверждает, что на теневых склонах величина коэффициента корреляции наиболее значима и обратно зависима при связи величины промерзания с суммой отрицательных температур, а на южных - с количеством выпавших за это время осадков (табл.4.4.2.1).

Таблица 4.4.2.1.

Коэффициенты корреляции связи глубины промерзания почвы с метеорологическими параметрами и количеством надземной фитомассы (ОФМ)

Коррелируемая величина	Лес				Вырубка			
	Восток	Запад	Север	Юг	Восток	Запад	Север	Юг
При осадках ниже климатической нормы								
Сумма температур, °С	-0,82	-0,83	-0,79	-0,70	-0,90	-0,94	-0,80	-0,81
Количество осадков, мм	-0,64	-0,52	-0,47	-0,43	-0,42	-0,52	-0,33	-0,22
ОФМ, т/га	-0,56	-0,50	-0,75	<b>0,40</b>	-0,78	-0,69	<b>-0,92</b>	<b>-0,91</b>
При осадках выше или около климатической нормы								
Сумма температур, °С	-0,40	-0,25	-0,47	-0,30	-0,58	-0,45	-0,33	-0,56
Количество осадков, мм	-0,42	-0,63	-0,31	-0,65	0,0	0,0	0,0	0,0
ОФМ, т/га	-0,73	-0,31	-0,76	0,35	-0,89	-0,59	-0,77	-0,77

В результате обработки массива данных нами были получены уравнения, отражающие зависимость средней глубины максимального промерзания почв от основных метеорологических показателей и количества общей надземной фитомассы на площадях, покрытых коренными лесами (4.4.2.1), на вырубках (4.4.2.2), в лиственных молодняках (4.4.2.3).

$$P_{cp} = 109,86 - 0,044 \cdot T - 0,299 \cdot H - 0,342 \cdot \text{ОФМ}; \quad R^2=0,70; \sigma=9,54; F=15,4 \quad (4.4.2.1)$$

$$P_{cp} = 202,23 - 0,0135 \cdot T - 0,366 \cdot H - 0,969 \cdot \text{ОФМ}; \quad R^2=0,74; \sigma=11,9; F=6,80 \quad (4.4.2.2)$$

$$P_{cp} = 183,88 - 0,032 \cdot T - 0,328 \cdot H - 1,193 \cdot \text{ОФМ}; \quad R^2=0,79; \sigma=10,1; F=11,1 \quad (4.4.2.3),$$

Где  $P_{cp}$  - средняя величина промерзания;  $T$  - сумма температур воздуха за период промерзания, °С;  $H$  - осадки исследуемого периода, мм; ОФМ - количество общей надземной фитомассы, т/га;  $R^2$  - величина детерминации;  $\sigma$  - стандартная ошибка;  $F$  - коэффициент Фишера.

Сравнивая различия глубины промерзания в коренном лесу, на вырубке и лиственном молодняке, можно отметить, что в кедрово-широколиственных лесах почвы промерзают глубже. Величина различий между коренным лесом и вырубкой варьирует от 17 до 35 см. Для лиственных молодняков, при достижении ими возраста 30 лет и увеличении запаса молодняков, характерно снижение глубины промерзания почвогрунтов и рост различий между величинами промерзания в коренных и лиственных лесах. Динамика глубины промерзания почвы в горном лесном бассейне соответствует тенденции потепления, проявившейся в уменьшении суммы отрицательных температур и увеличении высоты снежного покрова (рис.4.4.2.1). В отличие от глубины

сезонного промерзания в коренных кедрово-широколиственных лесах, интенсивность трендовых изменений этих показателей во вторичных лесах прямо и статистически достоверно связана с антропогенным воздействием.

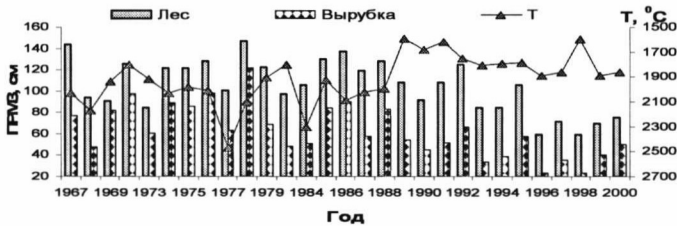


Рисунок 4.4.2.1. Динамика промерзания (ПРМЗ, см) и суммы отрицательных температур (Т, °С) в коренных лесах и на вырубках в процессе лесовосстановления.

Процессы промерзания-оттаивания почвы играют важную роль в гидрологических процессах горных речных бассейнов. Неодновременность оттаивания почвы на склонах и на участках с разными типами леса, способствует поддержанию средней водности водотоков. Количество влаги, просочившейся сквозь метровый слой почвы в теплый период, коррелирует с толщиной мерзлого слоя. Чем глубже промерзает почва, тем выше меженный сток весной и ранним летом.

## Глава 5. Гидрологические функции леса и русловый сток

В разделе проведен анализ особенностей формирования речного стока в весенний и летне-осенний периоды в малых горных бассейнах с различным составом леса и структурой лесного полога. В результате обработки данных были получены уравнения, отражающие зависимость стока теплого периода от комплекса гидроклиматических параметров и биометрических показателей лесного полога.

### 5.1. Роль надземной фитомассы в формировании весеннего стока

Весной и ранним летом доля стока составляет, чаще всего, 10-25% от суммарного за теплый период, а в годы с большими снегозапасами и относительно сухом лете весеннее половодье является основной фазой водного режима. Корреляционный анализ показал, что доля весеннего стока от общего за теплый период зависит от запасов воды в снеге, предшествующего осеннего увлажнения и криогенных процессов. По тесноте связи водосборы располагаются следующим образом: коренные леса с преобладанием ельников - коренные леса с преобладанием кедровников - вырубки с долей участия хвойных до 50% от состава леса - вырубки с преобладанием лиственных пород в составе леса. Доля весеннего стока в суммарном за апрель-октябрь тем выше, чем больше доля хвойных в составе древостоев.

При анализе объемов половодья на водосборах с различным составом лесов выявлено, что с водосборов, где в составе доминируют лиственные фитоценозы, талой воды стекает больше. В период послерубочных восстановительных сукцессий через 1-4 года суммарный весенний сток увеличивается на 34-44%. Через 5-10 лет увеличение стока по отношению к водосборам с коренными лесами составило 20-44%, а через 18-30 лет – 16-33% (табл.5.1.1). Уменьшение различий между водосборами, отличающимися составом леса, вызвано изменениями в меженных расходах воды. В бассейнах с лиственными молодняками, минимальный сток снизился на 10-20%, а максимальный остался на 20-30% выше, чем на водосборах с коренными лесами (контроль) (табл.5.1.1). Возрастает неравномерность весеннего стока, коэффициент неравномерности в 2-3 раза выше, чем на контроле. Вследствие потепления в зимние и весенние месяцы, изменились процессы промерзания-оттаивания почвы. Начало поступления талых вод из почво-грунтов сдвигается на более ранние сроки. На контрольных водосборах увеличение минимального расхода весной составило 20-60%, неравномерность руслового стока уменьшилась в 4-7 раз.

Таблица 5.1.1.

Характеристики регулирующего влияния леса в весенний период на водосборах с различным составом древостоев и полнотой леса

Период	Отношение к норме		Коэффициент неравномерности				Разность слоя стока, мм		Отклонение весеннего стока от общего, %		Отношение $Y_{\max}$ , мм	
	$H_{11-5}$	$T_{4-5}$	1	2	3	4	2-1	3-1	Лес	Вырубка	2/1	3/1
1966-1975	1,1	1,0	26,8	23,9	13,7	19,2	35,9	37,4	33,7	37,9	1,5	1,2
1984-1995	0,95	1,0	3,6	7,3	9,7	4,5	21,7	30,2	23,0	33,0	1,4	1,3

Примечание: 1, 2, 3, 4 - номер исследуемого бассейна;  $H_{11-5}$  - осадки за ноябрь - май;  $T_{4-5}$  - средняя температура за апрель - май;  $Y_{\max}$  - максимальный слой стока.

Методом корреляционного анализа установлено, что коэффициент неравномерности весеннего стока имеет тесную связь с интенсивностью оттаивания почвы. Связь прямая, а величина коэффициента корреляции для водосборов, не пройденных рубкой (1 и 4), составляет 0,79 и 0,75 соответственно, а для расстроенных рубкой водосборов 2 и 3 - 0,64 и 0,52. Минимальный сток весной тесно коррелирует с размерами надземной фитомассы, но их связь на водосборах со сплошной вырубкой (3) - обратная (табл.5.1.2). Следовательно, снижение минимального расхода на нарушенных водосборах связано с восстановительными сукцессиями на вырубках.

Таким образом, водорегулирующее влияние леса в весенний сезон проявляется в характеристиках снеготаяния и промерзания почвогрунтов. Снижая интенсивность этих процессов, лесные насаждения с преобладанием хвойных пород способствуют просачиванию значительного объема влаги в метровый слой почвы. Талые воды постепенно поступают в русловую сеть, снижая максимальный расход половодья и повышая среднюю водность

водосбора в весенне-раннелетний период. Все факторы, влияющие на объем и максимальный слой весеннего половодья (табл. 5.1.2) в лесном бассейне, зависят от биометрических характеристик лесных фитоценозов.

Таблица 5.1.2.

Парные коэффициенты корреляции максимального и минимального весеннего стока с климатическими параметрами и размерами надземной фитомассы

Коррелируемая величина	Максимальный сток, м <sup>3</sup> /сек				Минимальный сток, м <sup>3</sup> /сек			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Запас воды в снеге, мм	0,71	0,66	0,48	0,62	-0,53	-0,16	0,30	-0,18
Осадки за апрель-май, мм	0,06	0,03	0,24	0,05	0,76	0,50	0,56	0,78
Сумма температур за апрель-май	-0,24	-0,10	0,04	-0,19	0,78	0,58	0,65	0,85
Интенсивность оттаивания, см/сутки	0,73	0,58	0,61	0,76	-0,56	0,17	0,27	-0,54
Общая фитомасса, т	-0,67	-0,82	-0,88	-0,72	0,44	-0,12	-0,46	0,56
Фитомасса хвои, т	-0,89	-0,75	-0,52	-0,80	0,80	-0,06	-0,37	0,74

## 5.2. Формирование стока в период циклонической деятельности в коренных и восстанавливающихся лесах

Отмечается, что преобладающим типом формирования стока в исследуемом бассейне является паводочный режим в летне-осенний период.

Анализируется более 200 паводков и отмечается, что на формирование паводка структура лесного покрова в бассейне оказывает значительное влияние. В разные периоды лесовосстановления паводки отличаются по объему стока, по амплитуде максимальных расходов воды, интенсивности подъема. Характеристики дождевых паводков изменяются по мере восстановления лесной растительности и различаются на водосборах с различным составом леса (рис.5.2.1).

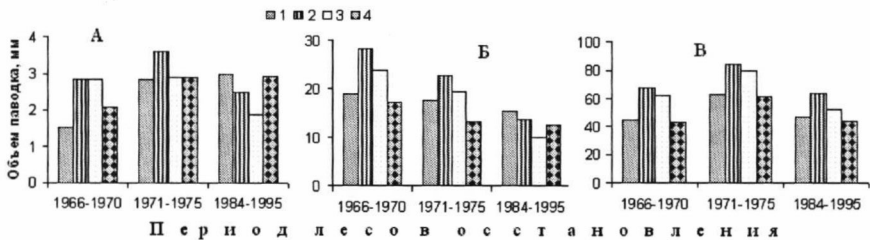


Рисунок 5.2.1. Изменение объема паводка на водосборах с коренными лесами (1, 4) и на вырубках (2, 3) в разные периоды лесовосстановления при осадках менее 50 мм (А), от 50-100 мм (Б) и более 100 мм (В).

Объем паводков на вырубках - на начальных этапах лесовосстановления, в 1,4-2 раза выше, чем в коренных лесах. При увеличении запаса леса на вырубках в 6-10 раз, на них возрастают потери паводочных вод на суммарное

испарение. Несмотря на высокие максимумы, объем воды на бывших вырубках по сравнению с контрольными участками уменьшается на 10-26% при осадках, формирующих сравнительно короткие паводки. При продолжительных паводках, вызванных осадками более 50 мм максимальные расходы и слой паводка выше на водосборах с преобладанием молодняков. При сохранении коренных лесов в нижней части водосбора (2), водоносность этого участка реки, через 10-30 лет после вырубки, сравнима со средним расходом воды на водосборах не затронутых рубкой. В период прохождения небольших паводков в первые 15 лет лесовосстановления, 43% от их общего количества на водосборе 2 - это паводки с максимальными расходами выше, чем на водосборе со сплошной вырубкой. Через 20-30 лет после вырубки количество таких паводков возрастает до 73%. Превышения максимумов на водосборе 2 случаются при образовании паводка на спаде предыдущего. Это, вероятнее всего, связано с накоплением и отдачей влаги почво-грунтами под различными лесными фитоценозами, что особенно проявляется в меженные периоды.

Таким образом, на трансформированных водосборах происходит снижение минимальных расходов и возрастание неравномерности летне-осеннего стока. В большей степени этому подвержен сток на водосборе со сплошной рубкой. Под воздействием лесной растительности различного состава, полноты и возраста характеристики водного режима значительно различаются и в период повышенной водности, и в засушливые годы (табл. 5.3.1).

Таблица 5.3.1.

Различия суммарного стока на водосборах с коренными и вторичными лесами в годы с различным характером увлажнения

Характеристика периода по отклонению осадков от среднего многолетнего (К), %.	Количество лет после вырубки	Отклонение слоя стока, мм		
		4	2	3
Средний По влажности год	1-4	6,49	27,6	30,0
	5-10	-42,9	9,18	-20,0
	18-30	-36,7	24,9	-72,5
Сухой $K \leq 15$	1-4	13,5	52,6	10,1
	5-10	-10,8	15,6	3,2
	18-30	-0,70	-26,2	-42,3
Влажный $K \geq 15$	1-4	-2,71	53,3	55,2
	5-10	5,67	91,4	13,0
	18-30	-3,08	-26,4	-31,7

Примечание: 4, 2 и 3 - бассейны, имеющие в составе соответственно 30, 50 и 80% олиственных пород. Минус при значении означает снижение стока на водосборах с преобладанием лиственных пород

При обработке экспериментальных материалов этот тезис был подтвержден зависимостью суммарного стока за июнь-сентябрь с гидроклиматическими параметрами и биометрическими характеристиками лесного полога:

Водосборы с высокополнотными лесами с преобладанием пихты и ели

$$Y_{л-о}=128,5+0,523 \cdot H - 16,6 \cdot T_{ср} + 1,84 \cdot K_{хл}; R^2=0,85; \sigma=34,5; F=28 \quad (5.2.1)$$

Водосборы с преобладанием в составе лиственных пород

$$Y_{л-о}=238,2+0,588 \cdot H - 12,7 \cdot T_{ср} - 39,1 \cdot K_{хл}; R^2=0,92; \sigma=30,5; F=54 \quad (5.2.2),$$

где  $Y_{л-о}$  - сток,  $H$  - осадки,  $T_{ср}$  - средняя температура воздуха за июнь-сентябрь;;  $K_{хл}$  – размер хвойно-лиственной массы, т;  $R^2$  - коэффициент детерминации;  $\sigma$  - среднеквадратическая ошибка, мм;  $F$  - критерий Фишера.

Зависимости показывают, что на расстроенных рубками водосборах сток будет уменьшаться на 25–40 мм на каждую тонну прироста хвойно-лиственной массы. Длительность уменьшения стока будет зависеть от соотношения фитомассы хвои и листвы. При дальнейшем замещении лиственных видов деревьев коренными хвойными породами должно произойти улучшение водоохраных функций лесного полога и стабилизация руслового стока на трансформированных водосборах.

Изменения руслового стока в теплый сезон за 30-летний период прошли следующие стадии:

- Резкие изменения воднобалансовых характеристик произошли в первые 5 лет. Увеличивается количество осадков, достигающих поверхности почвы, возникает поверхностный сток. Как следствие, происходит увеличение объема паводочных вод и максимальных модулей стока, эрозийных процессов, снижается качество речных вод.
- Через 7-10 лет на вырубленных площадях преобладают подрост древесных пород и травяно-кустарниковые сообщества, увеличивается надземная фитомасса. Под древостоями улучшается почвенный водообмен, возрастает эвапотранспирация, что приводит к увеличению потерь паводочных вод. Пологом лиственного леса задерживается до 10% от поступивших на водосбор осадков. Сток паводков, максимальные и минимальные расходы выше, чем на водосборах с коренными лесами
- Через 20-30 лет на водосборах с восстановившимися древостоями возникает динамическое равновесие воднобалансовых характеристик, соответствующее новым условиям окружающей среды. Во вновь сформированных древостоях увеличивается расход влаги на продуктивный расход, происходит уменьшение меженных расходов воды в реках трансформированных бассейнов. Объем воды сравнительно коротких паводков в экспериментальных бассейнах поддерживается примерно на одном уровне. При паводках, образованных осадками от 50 мм, максимальные расходы превышают контрольные в 1,5-3 раза.



### Глава 5.3. Зависимость влагооборота малых рек от функций лесного полога

Для обоснования физического смысла взаимосвязи характеристик стока с размерами хвойно-лиственной массы в период послерубочных сукцессий необходимо проанализировать суммарные потери руслового стока на водосборах (рис.5.3.1).

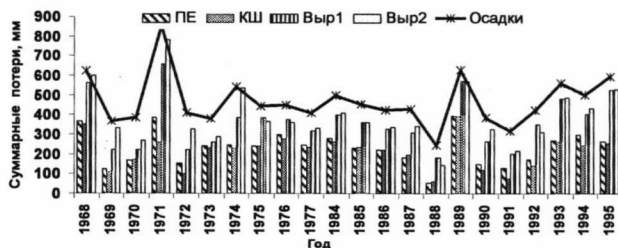


Рисунок 5.3.1. Динамика суммарных потерь стока на водосборах, различающихся составом и возрастом фитоценозов: ПЕ – пихтово-еловые леса средний возраст 120 лет; КШ – кедрово-широколиственный лес, средний возраст 160 лет; Выр1 – вырубка 30-летней давности, средний возраст 70 лет; Выр2 – вырубка 30-летней давности, средний возраст 50 лет.

Для анализа составлены уравнения водного баланса исследуемых водосборов.

Для участков без дополнительного притока воды – водосборы 1 и 4

$$Z = X - X_3 - Y - W_k + W_n \quad (5.3.1)$$

Для участков с дополнительным притоком воды – водосборы 3 и 4

$$Z = X + Y_v - Y - X_3 - W_k + W_n \quad (5.3.2),$$

где  $Z$  – суммарные потери, мм;  $Y_v$  – сток с верхнего участка, мм;  $W_k, W_n$  – соответственно запасы влаги в почве на конец и начало анализируемого периода, мм.  $X, X_3$  – соответственно осадки на открытом месте и задержание осадков кронами древостоев, мм;  $Y$  – русловой сток, мм;

Осадки, задержанные пологом леса, испарение с поверхности почвы и травяного покрова, сток были измерены инструментально. Запасы влаги в почве определялись по результатам непосредственных определений влажности почвы с использованием ранее определенных водно-физических характеристик в лесу и на вырубке. По имеющимся данным, были построены графики связи изменения влагозапасов ( $\Delta W = W_k - W_n$ ) и осадков за рассматриваемый период. Связи статистически достоверны, с коэффициентами корреляции для вырубки – 0,74, для хвойно-широколиственного леса в возрасте 80-160 лет – 0,80. Расчет для недостающего периода производили по полученным уравнениям зависимости.

Суммарные потери – расход влаги на суммарное испарение, поверхностный сток и почвенно-грунтовый отток. Анализ измеренных величин и литературных данных позволил установить, что в первые годы после вырубки до 80% потерь поступающей влаги расходуется на трансформированных участках на поверхностный сток и непродуктивное испарение. Баланс прихода

и расхода влаги в коренных приспевающих лесах складывается таким образом, что расход ее на транспирацию перекрывается за счет их высоких водоохранных свойств. Величина транспирационного расхода (продуктивный расход) увеличивается с возрастом древостоев. Максимум расхода влаги на транспирацию, как установлено многими исследователями - до 62% от суммарного испарения - приходится на средневозрастные леса. В лиственных лесах максимум транспирации и большая влагоудерживающая способность наблюдается в период 10-30 лет, в хвойных 40-60. Таким образом, при сукцессионной динамике восстановление гидрологических свойств речных водосборов произойдет за 40-50 лет. Увеличение суммарного стока в связи с возрастанием общей надземной фитомассы происходит в результате воздействия лесного полога на величину суммарного испарения. Под пологом высокополнотных коренных лесов, за счет их охлаждающего влияния, снижаются потери влаги на физическое испарение и таким образом сохраняются внутриобъемные запасы. В лиственных молодняках почвы увлажняются лучше, но большая часть поступившей влаги расходуется на продуктивность возобновившихся фитоценозов и на подпологовое испарение, за счет их лучшего прогревания в летний период. Русловый сток, характеризующий водоохранную роль лесов, уменьшается (рис. 5.3.2). На водосборах с сохраненными лесными полосами из коренных пород уменьшение стока составило 5%, а в бассейне со сплошной вырубкой – 8% от контроля.

Для малого речного бассейна, подверженного антропогенным воздействиям, получена модель руслового стока, которая дает адекватную количественную оценку динамики руслового стока и способности лесов восстанавливать свои водорегулирующие функции в зависимости от конкретных природных условий и степени антропогенной нарушенности.

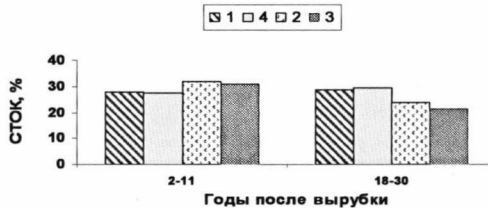


Рисунок 5.3.2. Изменение суммарного стока за май-октябрь на исследуемых водосборах: 1 и 4 – с коренным лесом; 2 и 3 – с лиственными молодняками

$$Y_{\text{тп}} = -39,1 + 0,654 \cdot H_{\text{гг}} - 6,52 \cdot T_{\text{ср}} + 0,806 \cdot P - 22,3 \cdot K_{\text{хл}} \quad (5.3.3)$$

$$R^2 = 0.68; \sigma = 76,6 \text{ мм}; F = 23,2, \text{ где}$$

$Y_{\text{тп}}$ ,  $T_{\text{ср}}$  - сток (мм) и средняя температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) за теплый период (май-октябрь);  $H_{\text{гг}}$  - осадки гидрологического года (ноябрь-октябрь), мм;  $K_{\text{хл}}$  - размер хвойно-лиственной массы;  $P$  – средняя величина максимального промерзания почвы, см;  $R^2$  - коэффициент детерминации;  $\sigma$  – среднеквадратическая ошибка, мм;  $F$  - критерий Фишера.

Анализ уравнения свидетельствует, что сток за теплый сезон года находится в прямой зависимости от количества жидких и твердых осадков и глубины промерзания почвы и в обратной – от температурного режима и размеров надземной фитомассы. При увеличении в составе доли хвойных пород на площади водосбора возрастает регулирующее влияние лесного полога. Введением в уравнение величины максимального промерзания почвы объясняется роль мерзлоты, как фактора формирования речного стока в теплый сезон года. Значительная часть влаги, поступившая на водосборы осенью, с наступлением отрицательных температур воздуха консервируется в почво-грунтах. На следующий год эта влага включается в активный водооборот, принимая участие в формировании стока.

Лесогидрологический эффект, обусловленный структурой лесного полога, в теплый период года проявляется через трансформацию баланса снеговой и мерзлотной влаги, которая приводит к изменению расходной части водного баланса покрытых лесом водосборов. Количественные составляющие изменения руслового стока через 18-30 лет после вырубki выражаются так: уменьшение на 8-10% в антропогенно-нарушенных водосборах и увеличение на 1-2% - в незатронутых рубкой лесах.

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что с увеличением лесистости на антропогенно-трансформированных водосборах наблюдается снижение минимальных расходов по отношению к контрольным значениям (рис.5.3.3,Б). Максимальные расходы воды, в связи с изменением тепло- и влагообеспеченности в районе исследований, снизились на 20-30% на всех водосборах. На вырубке с оставленными полосами коренного леса вдоль ручья (2), максимум сопоставим со значениями, наблюдающимися на водосборе с преобладанием кедрово-широколиственных лесов. На водосборе со сплошной вырубкой (3) максимум стока все еще больше на 15-30% (5.3.3,А).

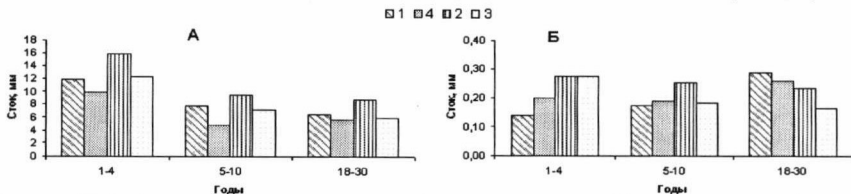


Рисунок 5.3.2. Изменение максимального (А) и минимального (Б) стока на водосборах с коренными лесами (1 и 4) и расstroенных рубками (2 и 3) в годы, связанные с восстановительными сукцессиями

Несмотря на снижение суммарного стока, в бассейне поддерживается достаточная водность водотока, пересыхания не наблюдается даже в самые маловодные годы. По сравнению с контрольными водосборами (1 и 4) уменьшение стока, в зависимости от увлажненности, составило 1-23%. В бассейне, где были оставлены лесные полосы вдоль русла, водорегулирующие функции восстанавливаются через 15-20 лет. Большей изменчивости подвержен

водосбор, где была произведена сплошная рубка леса (№3). Водорегулирующие функции на этом водосборе через 30 лет после вырубki не восстановились.

**Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:**

- Происходящее преобразование лесных ландшафтов, отрицательная динамика лесного покрова негативно сказывается на влагообороте речных бассейнов разного уровня.
- Динамика водного баланса в горных бассейнах, величины его приходно-расходных элементов находятся в зависимости от таксационных и биометрических характеристик лесного полога.
- Зависимость руслового стока от размеров хвойно-лиственной массы на водосборах в наибольшей степени проявляется в весенний период. Максимальный подъем уровня воды и дальнейшая водопродуктивность бассейнов связана с трансформацией лесами разного состава и возраста твердых осадков и с условиями промерзания-оттаивания почво-грунтов.
- На водосборах с коренными пихтово-еловыми и кедрово-еловыми лесами задержание жидких осадков перекрывается дополнительным приходом конденсационной влаги. В этих лесах большая часть осадков трансформируется в сток и идет на пополнение почвенно-грунтовых запасов влаги.
- В бассейнах с коренными кедрово-широколиственными лесами увеличивается испарение и количество задерживаемых кронами деревьев осадков. Эти леса способствуют большему регулированию паводочных вод.
- На основе уравнений множественного регрессионного анализа показано, что изменения руслового стока, наиболее динамичны на трансформированных водосборах до периода достижения лесистости 50 - 60% (через 10 - 15 лет). Обосновано, что при формировании лиственных молодняков на сплошных вырубках происходят более интенсивные изменения элементов водного баланса через 15-30 лет.
- Изменение знака водопродуктивной функции антропогенно-нарушенных хвойно-широколиственных лесов отражено в уравнениях связи руслового стока с факторами его формирования.
- В годы с повышенной влажностью наиболее полно проявляются водорегулирующие функции лесных экосистем. В маловодные циклы их водорегулирующая и водоохранная функции ослаблены и зависят от доли хвойных пород в составе древостоев.
- На водосборах, где при рубках сохранились коренные хвойные леса, водорегулирующие функции восстанавливаются через 10-15 лет. Для бассейнов, где проведены сплошные рубки, период восстановления гидрологических функций увеличивается и в большей степени зависит от транспирационного расхода влаги в процессе восстановительного развития лесов и фоновой погодно-климатической ситуации.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

#### **Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах:**

1. Кожевникова Н.К. Водный режим горных лесных бассейнов в период циклонической деятельности / Н.К. Кожевникова // Вестник КрасГАУ, Вып.6. - Красноярск, 2008. - С. 70-79
2. Кожевникова Н.К. Динамика сезонно-мерзлотных характеристик почв в лесах южного Сихотэ-Алиня / Н.К Кожевникова. // Вестник КрасГАУ, Вып.2. - Красноярск, 2008. - С. 58-65.
3. Кожевникова Н.К. Изменения экстремальных температур при динамике лесовосстановления / Н.К. Кожевникова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - Казань 2008, №3. - С. 118-121.
4. Кожевникова Н.К. Динамика погодно-климатических характеристик и экологические функции малого лесного бассейна/ Н.К.Кожевникова// Сибирский экологический журнал. 2009 №5. С.693-703

#### **Статьи, опубликованные в других периодических изданиях**

5. Кожевникова Н.К. Преобразование осадков в сток в теплый период на водосборах с различной лесистостью и составом леса / Н.К.Кожевникова // Экосистемные исследования горных лесов Сихотэ-Алиня (ВУС). - Владивосток-Хабаровск, 2004. - С.141-152.
6. Кожевникова Н.К. Распределение жидких осадков в хвойно-широколиственных лесах и их вырубках в Южном Приморье / А.С. Жильцов, Т.М.Ильина, Н.К Кожевникова.// Экосистемные исследования горных лесов Сихотэ-Алиня (ВУС).- Владивосток-Хабаровск, 2004.- С.93-110.

#### **Работы, опубликованные в материалах научных конференций**

7. Kozhevnikova N.K. Forest Watershed Conservation and the protectiv role estimation in Various Types of Water Flow Basips / A.S. Zhilsov, N.K. Kozhevnikova // Korean Pine-Broadleaved Forests of the Far East. - Oregon, USA, 2000. - P.203-204.
8. Кожевникова Н.К. Бассейновые принципы оценки уровня водопродуктивности горных территорий южного Сихотэ-Алиня / Н.К. Кожевникова // Классификация и динамика лесов Дальнего Востока. - Владивосток, Дальнаука, 2001. - С.152-154.
9. Кожевникова Н.К. Оптимальная лесистость малых горных бассейнов и водоносность речных систем / Н.К. Кожевникова // Аграрная политика и технология производства сельскохозяйственной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона. - г. Уссурийск, 2001 г. - С.138-142.

10. Кожевникова Н.К. Экологические функции горных лесов в малых речных бассейнах южного Сихотэ-Алиня / Н.К. Кожевникова // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. - Красноярск, 2004. - С. 157-159.
11. Кожевникова Н.К. Влияние сезонного промерзания почво-грунтов на русловый сток весенне-летнего периода в лесах южного Сихотэ-Алиня / Н.К. Кожевникова // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем. - Иркутск, 2005. - С. 308-311.
12. Kozhevnikova N.K. Hydrological Regime Dynamics and Restoration of Dark Coniferous Forests after Experimental Logging in Southern Sichote-Alin / N.K. Kozhevnikova, L.A. Sibirina // Proceedings International Symposium on Restoration of Forest Ecosystem Functions on Different Forest Zones. - Seoul, Korea, 2009. - P. 159-162.
13. Кожевникова Н.К. Использование индикационных свойств лесного полога при определении элементов водного баланса / Н.К. Кожевникова // Леса российского Дальнего Востока: 150 лет изучения. - Владивосток, 2009. - С. 61-63.

**КОЖЕВНИКОВА Надежда Константиновна**

**ДИНАМИКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ ГОРНЫХ ЛЕСОВ  
ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕРУБОЧНЫХ  
ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СУКЦЕССИЙ**

Автореферат диссертации на соискания ученой степени  
кандидата биологических наук

Уч. изд. л. 1,0  
Тираж 100 экз.

Формат 60×84/16  
Заказ № 112

Отпечатано в типографии РПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского  
690059 г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а



